

高密度実装基板の熱疲労損傷に対する 放射光 CT を用いたヘルスマニタリング技術の開発

機械システム課 佐山利彦 釣谷浩之

(財) 高輝度光科学研究センター 上杉健太郎 富山県立大学 森 孝男

1. はじめに

電子基板のマイクロ接合部に対して、その熱疲労現象（微細組織の変化や疲労き裂）を、放射光 X 線マイクロ CT を用いて観察し、その健全性を非破壊でモニタリングする技術を開発している。これまで、フリップチップや BGA のマイクロはんだバンブへの適用を試みてきた。本年度は、チップ部品のような複雑な形状を有する実際のはんだ接合部を対象として、その熱疲労き裂の発生、進展から破断に至る過程を、非破壊で 3 次元かつ時系列的にモニタリングし、寿命評価を行った。

2. はんだ接合部における疲労き裂のモニタリング技術の開発

放射光研究施設 SPring-8 における放射光 X 線マイクロ CT を利用し、熱サイクル負荷によってのはんだ接合部内に発生する疲労き裂を観察した。特に、屈折コントラスト法を併用することで、実際の空間分解能より小さい、voxel (3 次元での画素) サイズの 1/10 以下の微小な開口量を有するき裂が検出可能となったことは、非破壊観察における大きな成果である。この手法を用いて同一のはんだ接合部を時系列的にモニタリングすることで、その疲労き裂の 3 次元的な進展状況が明らかにすることができた。なお、試験体として、FR-4 基板に 1005 サイズのチップ抵抗を鉛フリーはんだ (Sn-3.5Ag-0.5Cu) で実装したものを用いた。

3. 疲労き裂の非破壊寿命評価技術の開発

さらに、疲労き裂の表面積を直接計測することによって、その余寿命を逐次推定することが可能となった。図 1 は、2 つの同一のはんだ接合部における

疲労き裂の進展過程を、き裂の表面積の変化で示す。はんだ接合部の形状は非常に複雑であるが、疲労き裂はほぼ一定の速度で進展していることが分かる。図より、平均の疲労き裂進展速度は、 $1.81 \times 10^2 \mu\text{m}^2/\text{cycle}$ と計算され、はんだ接合部が破断に至るまでのき裂進展寿命 N_p は、 $N_p = 2210 \text{ cycle}$ と評価された。さらに、き裂の発生寿命を考慮すると、熱サイクルによるはんだ接合部の全寿命 N_f は、 $N_f = 2880 \text{ cycle}$ と評価された。一方、SEM を用いた断面観察による平均疲労寿命は約 3000 cycle であり、本手法による寿命評価の正確さを裏付けるものであった。

4. まとめ

はんだ接合部における疲労き裂の非破壊観察技術を開発したことで、従来のモニタリング技術の枠組みを飛躍的に拡大することが可能となった。

謝 辞

本研究は、独立行政法人日本学術振興会科学研究費補助金（基盤研究(C)研究課題番号：21560108）の助成を得て実施されたことを記し、謝意を表する。

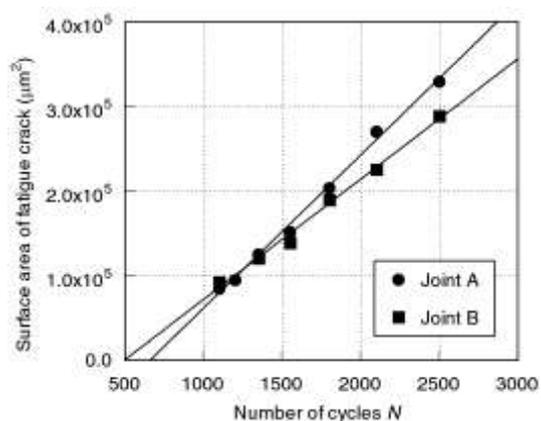


図 1. 疲労き裂の進展過程の例